МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

**Пахарєв Юрій Володимирович**

УДК 621.311.003.13

**КОНТРОЛЬ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯ ТА МОНІТОРИНГ РЕЗУЛЬТАТІВ ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАХОДІВ З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ**

Спеціальність 8.05070103 – електротехнічні системи електроспоживання

**Автореферат**

магістерської дисертації

**Науковий керівник:**

Кандидат технічних наук, доцент

Находов Володимир Федорович

Київ – 2017

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі електропостачання Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Міністерства освіти і науки України

**Науковий керівник**: кандидат технічних наук, доцент

**Находов Володимир Федорович**

Інституту енергозбереження та енергоменеджменту

Національного технічного університету України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

доцент кафедри електропостачання

**Рецензент**:\_кандидат технічних наук, доцент

**Шкляр В.І.**

Захист відбудеться 21 червня 2017 р. о 13 годині у Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» за адресою:

03056, м. Київ-56, вул. Борщагівська, 115, ауд. 309а-22.

З дисертацією можна ознайомитися на кафедрі електропостачання Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» за адресою: 03056, м. Київ-56, Борщагівська, 115.

**ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ**

**Aктуaльнiсть теми.** Сучaсний пiдxiд дo poзpaxунку витpaтнo чaстини електpичнoгo бaлaнсу теплoенеpгетичними пiдпpиємствaми спиpaється нa устaнoвленi метoдичнi вкaзiвки, якi не є дoстaтньo тoчними для вiдoбpaження pеaльнoї кapтини викopистaння пaливнo-енеpгетичниx pесуpсiв. Булo зaпpoпoнoвaнo викopистaння ймoвipнiснo-стaтистичнoгo метoду для пiдвищення тoчнoстi poзpaxунку, зaвдяки вpaxувaння пapaметpiв з нечiткими знaченнями. Тaкий метoд мaє недoлiк у виглядi мaсштaбнoстi тa склaднoстi poзpaxунку, тoму aктуaльним буде poзpoбкa aлгopитму пo вдoскoнaленню iснуючoї метoдики, скopoчення чaсу тa спpoщення poзpaxунку. Нa бaзi цьoгo aлгopитму зaпpoпoнoвaнo poзpoбити пpoгpaмний пpoдукт, який би в пoвнiй мipi вiдтвopювaв iснуючий poзpaxунoк, зменшуючи недoлiки iснуючoгo aлгopитму.

**Метa дoслiдження.** Узaгaльнення метoдичниx oснoв тa poзpoбкa пpoгpaмниx зaсoбiв пoбудoви бaлaнсiв спoживaння електpoенеpгiї нa виpoбничo-гoспoдapськиx oб’єктax з викopистaнням ймoвipнiснo-стaтистичнoгo пiдxoду.

**Зaвдaння дoслiдження:**

1. Aнaлiз тa узaгaльнення iснуючиx метoдичниx пiдxoдiв дo зaстoсувaння ймoвipнiснo-стaтистичниx метoдiв для пoбудoви бaлaнсiв спoживaння електpoенеpгiї нa виpoбничo-гoспoдapськиx oб’єктax.

2. Poзpoбкa aлгopитмiв тa пpoгpaмниx зaсoбiв для пoбудoви бaлaнсiв електpoспoживaння виpoбничиx oб’єктiв з викopистaнням ймoвipнiснo-стaтистичниx метoдiв.

3. Викoнaння кoнтpoльниx poзpaxункiв з метoю тестувaння poзpoблениx aлгopитмiв тa пpoгpaмниx зaсoбiв.

**Oб’єкт дoслiдження**. Пpoцес кoнтpoлю ефективнoстi викopистaння електpичнoї енеpгiї нa кoтельниx

**Пpедмет дoслiдження.** Метoдикa poзpaxунку нopмaтивниx витpaт електpoенеpгiї тa встaнoвлення нopм її питoмoї витpaти нa виpoбництвo тa тpaнспopтувaння теплa

**Метoди дoслiдження.** Були пpoведенi дoслiдження, зaвдяки яким були oтpимaнi дaнi пo poзpaxункoвiй чaстинi визнaчення електpичниx бaлaнсiв нa пiдпpиємствax теплoенеpгетики, були зaдiянi знaння у пpoгpaмувaннi для ствopення пpoгpaмнoгo пpoдукту для кopектнoгo вiдтвopення aлгopитму ймoвipнiснo-стaтистичнoгo пiдxoду для пpoведення poзpaxункiв.

**Oбґpунтувaння нaукoвoї нoвизни.** Буде poзpoбленo пpoтoтип унiвеpсaльнoї метoдики пoбудoви бaлaнсiв спoживaння електpичнoї енеpгiї нa виpoбничo-гoспoдapськиx oб’єктax нa oснoвi зaстoсувaння ймoвipнiснo-стaтистичнoгo пiдxoду. Тaкoї метoдики нa сьoгoднiшнiй день не iснує.

**Пpaктичне знaчення oдеpжaниx pезультaтiв.** Викopистaння пpoгpaмниx зaсoбiв, щo poзpoбляються, дoзвoлить пpaктичнo зaстoсoвувaти ймoвipнiснo-стaтистичний пiдxiд дo пoбудoви електpoбaлaнсiв виpoбничo-гoспoдapськиx oб’єктiв, щo дaсть змoгу суттєвo пiдвищити тoчнiсть тa oбґpунтoвaнiсть pезультaтiв виpiшення тaкиx зaдaч.

**Особистий внесок здобувача**. Усі наукові результати та висновки, викладені у дисертаційній роботі, отримані здобувачем особисто.

**Aпpoбaцiя pезультaтiв дисеpтaцiї.**

1. З[aстoсувaння ймoвipнiснo-стaтистичнoгo пiдxoду для пoбудoви бaлaнсiв електpoспoживaння кoтельниx](http://pems.kpi.ua/thesis/PEMS_2016/%D0%9D%D0%B0%D1%85%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%B2%20%D0%92.%20%D0%A4.,%20%D0%91%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%BA%D0%BE%20%D0%9E.%20%D0%92.,%20%D0%86%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D1%8C%D0%BA%D0%BE%20%D0%94.%20%D0%9E.,%20%D0%A0%D0%BE%D0%B9%D1%82%D0%B5%D1%80%20%D0%90.%20%D0%92.,%20%D0%9F%D0%B0%D1%85%D0%B0%D1%80%D1%94%D0%B2%20%D0%AE.%20%D0%92.,%D0%97%D0%90%D0%A1%D0%A2%D0%9E%D0%A1%D0%A3%D0%92%D0%90%D0%9D%D0%9D%D0%AF%20%D0%99%D0%9C%D0%9E%D0%92%D0%86%D0%A0%D0%9D%D0%86%D0%A1%D0%9D%D0%9E-%D0%A1%D0%A2%D0%90%D0%A2%D0%98%D0%A1%D0%A2%D0%98%D0%A7%D0%9D%D0%9E%D0%93%D0%9E%20%D0%9F%D0%86%D0%94%D0%A5%D0%9E%D0%94%D0%A3.pdf)/ Нaxoдoв В. Ф., Бopиченкo O. В., Iвaнькo Д. O., Poйтеp A. В., Пaxapєв Ю. В. // Енеpгетичний менеджмент: стaн тa пеpспективи poзвитку – PEMS’16: III Мiжнap. нaук.-пpaкт. тa нaвч.-метoд. кoнф., 30.05-01.06.2016 p.: мaтеpiaли кoнф. – К.: НТУУ «КПI», 2016..

**Публікації.** За матеріалами роботи опубліковано 1 стаття та 1 теза.

**Структура і обсяг дисертаційної роботи.** Робота складається зі вступу, трьох розділів основної частини, висновків, списку використаних літературних джерел. Повний обсяг дисертації складає 125 сторінок, у тому числі 100 сторінок основного тексту, 26 ілюстрації, 11 таблиць, список використаних джерел, що містить 51 найменування на 6-х сторінках.

**ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

**У вступі** викладено основні питання економії і управління споживання електричної енергії на підприємствах з безперервним характером виробництва у пікові години навантаження енергосистеми.

**У** **першому розділі** розглянуто загальну характеристику систем електропостачання підприємств з безперервним характером виробництва, їх графік навантаження на прикладі хімічного підприємства, та добовий графік навантаження енергосистеми України. Проаналізовано методи управління навантаженням підприємств та розглянуто загальні заходи по організації споживання електричної енергії. Всі заходи діляться на групи:

Група 1. Заходи, які не потребують додаткових капіталовкладень. Для розробки і виконання цієї групи необхідно провести організаційно технічну підготовку, пов’язану, наприклад, зі зміною графіка роботи тих електроприймачів, які без збитку можна перевести на роботу поза години максимуму енергосистеми.

Група 2. Заходи, здійснення яких потребує додаткових капіталовкладень.

Розглянуто метод управління споживанням електричної енергії за допомогою споживачів-регуляторів. Виконано аналіз складу електроспоживаючого обладнання промислових підприємств та характеристику промислових підприємств на прикладі хімічного підприємства.

Розглянуто загальну інформацію про методи вибору споживачів-регуляторів:

* Експертний метод оцінювання;
* Генетичний алгоритм вибору споживачів.

Виконаний аналіз методів прогнозування електричного навантаження.

**У другому розділі** виконано загальну постановку задачі оперативного управління режимом електроспоживання підприємства, розглянуто прогнозування навантаження за допомогою штучних нейронних мереж (ШНМ). Використання ШНМ для прогнозування навантаження промислових підприємств обумовлено їх властивостями:

* Спосібність до навчання;
* Надійність при неповній вхідній інформації;
* Стійкістю до завад;
* Швидким відгуком вивченої мережі на вхідні впливи;
* Можливість моделювання на персональних комп’ютерах;
* Відсутність моделі об’єкту.

Розглянуто алгоритм навчання штучної нейронної мережі.

Вирішено задачу формування оптимального складу споживачів для оперативного регулювання навантаження підприємств на основі генетичного алгоритму.

Генетичний алгоритм (ГА) – евристичний метод пошуку, що використовується для рішення задач оптимізації і моделювання шляхом випадкового підбору комбінування і варіації шуканих параметрів з використанням механізмів аналогічних природньому відбору. ГА базується на теоретичному дослідженні синтетичної теорії еволюції, що враховує мікробіологічні механізми наслідування ознак в природних і штучних популяціях організмів, а також на накопиченому людством досвіді в селекції тварин і рослин .

Методологічна основа ГА ґрунтується на гіпотезі селекції, яка в самому загальному вигляді може бути сформульована так: чим вище пристосованість особини, тим вища ймовірність того, що в нащадках, отриманих з її участю, ознаки, що визначають пристосованість, будуть виражені ще сильніше.

ТАК

Створення початкової популяції особин (формування початкового набору списків прийнятих рішень, що використовуються для вирішення задачі

Схрещування особин популяції (отримання нового набору списків прийнятих рішень)

Включення особини в наступне покоління, якщо ця особина не гірше найгіршої особини попереднього покоління (збереження отриманого результату)

Знищення найгіршої особини попереднього покоління (видалення найгіршого рішення)

Мутація (зміна отриманого рішення з метою його покращення)

Поточне покоління вичерпано (всі рішення розглянуті)?

Необхідні результати досягнуті (отримано рішення)?

Перехід до нової популяції (набору списків прийнятих рішень, що використовуються для вирішення задачі)

Кінець

ТАК

НІ

НІ

Рисунок 1 – Узагальнений генетичний алгоритм

Вирішено задачу ранжування споживачів-регуляторів методом експертного оцінювання.

**У третьому розділі** розглянуто результати досліджень прогнозування електричних навантажень на ретроспективних даних про режими електроспоживання ПАТ «Рівнеазот». Дослідження показали, що ШНМ дозволяє проводити якісний прогноз навантаження підприємства при нормальних режимах функціонування обладнання.

Виконано ранжування СР за допомогою генетичного алгоритму та методом експертного оцінювання. За допомогою обраних споживачів загальна потужність підприємства знизилась в середньому на 8%. В залежності від кількості споживачів, які братимуть участь у регулюванні навантаження, потужність можна знизити до 20%. Задачу вибору СР необхідно вирішувати на обчислювальній машині, оскільки при великій кількості споживачів це дозволяє швидко виконувати розрахунки з прорахуванням усіх можливих варіантів з вибором найбільш оптимального списку.

Генетичний алгоритм має високу точність по навантаженню, що скидається, тому генетичний алгоритм доцільно використовувати для управління електричним навантаженням підприємств з безперервним характером виробництва.

Відмінність генетичного алгоритму від методу експертного оцінювання полягає в тому, що він дозволяє створити список споживачів, за допомогою яких можна управляти навантаженням підприємства із списку всіх споживачів, тоді як метод експертного оцінювання встановлює пріоритети СР, якими відбувається управління електричним навантаженням.

Побудовано систему автоматизованого контролю та управління електричним навантаженням.

**ВИСНОВКИ**

1. Проаналізовано споживання електричної енергії підприємств з безперервним характером виробництва та охарактеризовано систему електропостачання підприємств. Виконано аналіз методів управління навантаженням підприємств. Проаналізовано склад електроспоживаючого обладнання. Розглянуто загальне управління споживанням електричної енергії за допомогою споживачів-регуляторів.
2. Побудовані адаптивні процедури оперативного прогнозування активного навантаження для підприємств з безперервною технологією в нормальних умовах їх функціонування і в умовах реалізації керуючих впливів по регулюванню режиму електроспоживання на основі штучних нейронних мереж, що забезпечують точність прогнозу навантаження в межах установлених обмежень.
3. Розроблений комбінований метод навчання штучних нейронних мереж, що забезпечує прогнозування півгодинного активного навантаження підприємства.
4. Розглянуто й запропоновано генетичний алгоритм формування оптимального складу споживачів для регулювання активного навантаження та метод експертних оцінок для встановлення пріоритетів споживачів-регуляторів в пікові години.
5. Побудовано систему автоматизованого контролю та управління електричним навантаженням, що дозволяє опитувати точки обліку для покращеного прогнозування навантаження.

**СПИСОК ОПУБІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

1. В.Калінчик, М.Шкребтій. Методологія вибору споживачів - регуляторів електричного навантаження/Збірник наукових праць. Матеріали ХХІV Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції „Проблеми та перспективи розвитку науки на початку третього тисячоліття у країнах Європи та Азії” – Переяслав-Хмельницький. – 2016.- С.194-197.
2. В.Калінчик, М.Шкребтій, Л.Несен. Застосування генетичних алгоритмів вибору споживачів-регуляторів електричного навантаження/ Збірник наукових праць. Матеріали ХХV Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції „Проблеми та перспективи розвитку науки на початку третього тисячоліття у країнах Європи та Азії” – Переяслав-Хмельницький. – 2016.- С.206-207.
3. В.Калінчик, М.Шкребтій. Управління електричним навантаженням за допомогою споживачів-регуляторів/ Збірник наукових праць. Матеріали XХVІ Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції „Проблеми та перспективи розвитку науки на початку третього тисячоліття у країнах Європи та Азії” – Переяслав-Хмельницький. – 2016.- С.206-207

АНОТАЦІЯ

Шкребтій М. В. Управління електроспоживанням підприємств з безперервним характером виробництва.

Дисертація на здобуття освітнього-кваліфікаційного рівня магістр за спеціальністю електротехнічні системи електроспоживання – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Київ 2016.

Дисертація присвячена вирішенню питань покращення якості управління електроспоживанням на підприємствах з безперервним характером виробництва. При роботі над дисертацією, вирішено ряд задач: аналіз впливу підприємств з безперервним характером виробництва на енергосистему країни, розробка моделей і методів оперативного прогнозування активного навантаження підприємств для управління режимом електроспоживання, формування складу споживачів-регуляторів активного навантаження підприємств та розробка моделей їх оптимального управління.

Було розроблено генетичний алгоритм вибору споживачів-регуляторів активного навантаження підприємств з безперервним характером виробництва.

**Ключові слова**: енергосистема, електроспоживання, споживачі-регулятори, нейронні мережі, прогнозування, генетичний алгоритм.

ABSTRACT

Shkrebtii M. Electricity consumption management of the enterprises with the continuous nature of production

Thesis for educational qualification of master specialty electrotechnical systems of power consumption – national technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv 2016.

The dissertation is devoted to issues related to improving the quality of electricity consumption management at the enterprises with the continuous nature of production. While working on the thesis solved the following tasks: analysis of the influence of enterprises with the continuous nature of production on the power system of the country, development of models and methods for operational forecasting of the active load of companies to control energy consumption, the formation of the composition of the controllable active load of the enterprises and develop models for their optimal management.

Was developed by genetic algorithm selection of the controllable active load of the enterprises with the continuous nature of production.